Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über den Bau der argentinischen Anden

von

H. Keidel.[1]

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. April 1907.)

I.

Buenos Aires, 25. Dezember 1906.
Belgrano, Olaguer 26. 49.

Herr Hermitte, der Chef der Division de minas, geologia e hidrologia hier in Buenos Aires, hat mir aufgetragen, Ihren Brief vom 11. November zu beantworten. Ich tue dies deshalb erst heute, weil ich mir erst inzwischen von den Herren Dr. Roth und Dr. Schiller vom Museo de la Plata genauere Nachrichten über die Gebiete, die Sie interessieren, habe geben lassen. Roth ist selber am Lago Musters gewesen, Moreno aber nicht und Schiller hat im September dieses Jahres einen Teil der alten Sierren der Provinz Buenos Aires gesehen. Ich selbst kenne hievon nur die weiten Gewölbe und Mulden der Sierren bei Olavarria und Sierras Bayas, die Valentin beschrieben hat. Was ich also über die Verhältnisse dieser Gegenden und am Lago Musters zu berichten habe, stammt von den Herren Roth und Schiller.

Ich glaube, Sie, Herr Professor, richtig verstanden zu haben, wenn ich annehme, daß Sie das Vorkommen der gefalteten Tuffe am Lago Musters als einen neuen Beleg ansehen für die Ablenkung der Cordillerenzüge noch Südosten, wie Sie sagen ähnlich der Virgation des westlichen Tian-Schan.

Es scheint aber, als sollten die Stützen für diese Ansicht durch jedes neue Material mehr und mehr erschüttert werden. Auch der Bau der Cordilleren auf argentinischem Boden stellt

[1] Briefe an das w. M. Ed. Suess.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sich als immer komplizierter heraus. Erlauben Sie mir deshalb, daß ich auch über diesen Gegenstand einiges in diesem Briefe berichte.

Die Eruptivgesteine, die Roth am Lago Musters und in dessen Umgebung gesehen hat, sind verschiedene Tiefengesteine. Olivinführender Gabbro kommt, wie es scheint, hauptsächlich vor. Auch Wehrli, der Proben davon im Museo de la Plata gesehen hat, hat sie für Gabbro gehalten. Ferner finden sich Gesteine mit Mandelsteinstruktur, außerdem schwer erkennbare dichte blaurote Ergußgesteine, wahrscheinlich Quarzporphyr.

Roth sagt nun: »Diese Tiefen- und Ergußgesteine haben die wagrecht liegenden Dinosauriersandsteine der Kreide und die bunten vulkanischen Kreidestoffe (»areniscas abigarradas« Ameghino's) sowie die Pyrotheriumschichten des unteren Tertiär durchbrochen und gestört und es sind dabei besonders Schleppungen nach oben entstanden. Alle diese Gesteine haben aber nichts zu tun mit den andinen Porphyriten (der hauptsächlich jurassischen »Porphyrformation« Darwin's), ebensowenig die Gesteine der Pampa Central, die sicher viel älter sind als Jura.«

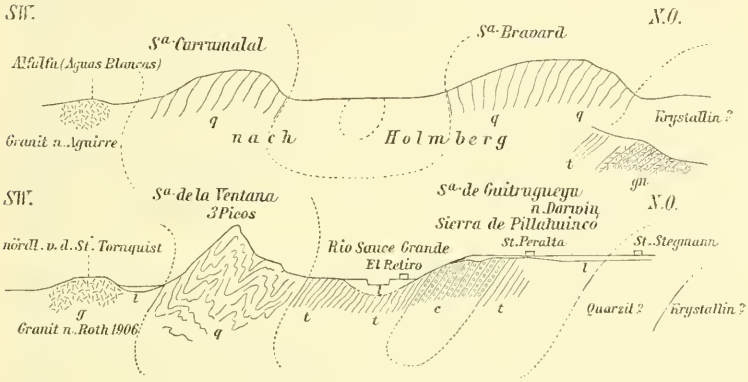
Der Zusammenhang der Tuffe ist nicht erwiesen und es fehlen bis jetzt die Beweise für die Ablenkung der Cordillere im Tafelland. Faltung ist hier nicht vorhanden, sondern, wo lokale Störungen auftreten, sind sie durch die Eruption im Tertiär, in Patagonien auch zur Kreidezeit entstanden. Wahrscheinlich haben wir es mit den weit verbreiteten »Andengesteinen« Stelzner's zu tun, die sich immer deutlicher als jungtertiär herausstellen und die vielleicht entstanden sind zu der Zeit der letzten großen Bewegungen.

Aber auch die Untersuchung der alten Sierren in der Provinz Buenos Aires läßt immer deutlicher Verhältnisse erkennen, die sich schwer mit der Ablenkung der Cordillerenzüge nach Südosten vereinigen lassen.

Schiller hat namentlich die Zusammensetzung und den Bau der Sierra de Pillahuincó untersucht und er hat mir ein flüchtig skizziertes Profil gegeben, das ich hier ohne Richtigkeit der Maßverhältnisse abzeichne.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Nördlich von der Station Tornquist sieht man beinahe an dem Fuß der Sierra de la Ventana alten Granit. Dann folgt der gefaltete, aber im ganzen nach Süden einfallende Quarzit der Sierra, der in Tres Picos in der Linie des Profils 1280 *m* Höhe erreicht. Nun steigt man in das breite Tal des Rio Sauce Grande hinab. Am nördlichen Fuße der Sierra de la Ventana beobachtet man alten Tonschiefer, der unter den Quarzit nach Süden einfällt. Dieser Tonschiefer setzt den ganzen breiten Talboden zusammen. Auf der linken Talseite trifft man am südlichen Abfall der Sierra de Pillahuincó altes Konglomerat, darauf folgt bei der Station Peralta noch einmal derselbe



Tonschiefer wie am Rio Sauce Grande, dann dehnt sich nach Norden die weite lößbedeckte Pampa aus. Dies Profil ist von der Station Tornquist im Süden bis zu der Station Stegmann im Norden ungefähr 40 *km* lang. Der Granit im Süden war Hauthal noch unbekannt; er ist erst in diesem Jahre von Roth gefunden worden. Es ist, wie mir Schiller sagt, durchaus derselbe Granit wie bei Sierra Chica und Olavarria. Hier bildet er aber auf weiten Strecken die Unterlage der alten Sedimente und bei Sierras Bayas und in der Pampa habe ich selber den Ventanaquarzit in transgressiver Lagerung darüber gesehen.

Das jüngste Glied der Schichtenfolge in der Linie des Profils ist das Konglomerat. Es enthält zahlreiche Gerölle des Granits, Quarzits und auch des Tonschiefers. Das hat Hauthal

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

schon zum Teil erwähnt, aber, wie es scheint, auch geglaubt, daß die Quarzitgerölle nicht vom Ventanaquarzit, sondern von einem älteren Horizonte stammten. Das ist nun aber nicht der Fall. In Wirklichkeit gibt es nur den Ventanaquarzit. Unter dieser Voraussetzung sieht Schiller in der Schichtenfolge des Profils eine große, nach Süden einfallende Mulde, deren Kern das Konglomerat ist.

Der nördliche Flügel dieser Mulde legt sich wahrscheinlich auf kristallinische Gesteine, auf Gneis oder Granit, wie in der Sierra de Guitrugueyu. Ganz ähnliche Verhältnisse findet man in der Sierra de Bravard. Hier ist im Süden der Granit bei Aguas blancos durch Aguirre bekannt geworden und auf der nördlichen Seite der Sierra legt sich der Quarzit sehr wahrscheinlich auch auf kristallinische Gesteine. Dies läßt sich, abgesehen von den Verhältnissen in der Sierra de Guitrugueyu, am nördlichen Rande dieser Sierren nicht sicher nachweisen. Zum Teil werden die kristallinischen Gesteine, zum Teil selbst die alten Sedimente des nördlichen Flügels durch die Pampabildungen bedeckt.

Sehr bemerkenswert ist aber das Erscheinen des alten Granits im Süden.

Hauthal kannte ihn, wie gesagt, an der Ventana noch nicht. Nirgends sieht man, so sagt mir Schiller, Spuren einer Intrusion, dagegen ist die Übereinstimmung mit den alten Graniten weiter nördlich vollständig. Und so schließt Schiller, daß der Granit bereits abgetragen war, als die Dislokationen vor sich gingen und daß er nach Norden auf die alten Sedimente überschoben worden ist.

Wenn dies alles richtig ist, so weisen die Überkippung der Mulden und Sättel und die Überschiebung des Granits auf eine aus Südwesten gekommene Kraft.

Hauthal hat Schiller nach Mitteilung dieser Ergebnisse geantwortet, daß er früher am nordöstlichen Abfall der Sierra de la Ventana auch Erscheinungen gesehen hätte, die ganz gut als Überschiebungen gedeutet werden könnten, er hätte sie damals aber anders aufgefaßt.

Nun hat Hauthal schon hervorgehoben und Schiller bestätigt es, daß in der Sierra de Ventana und den benachbarten Sierren ein nach Norden konvexer Bogen vorliegt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Hauthal glaubt in dem alten Quarzit *Arthrophycus Harlani* Hall gefunden zu haben. Herr Dr. Stappenbeck, der seit Monaten in der Provinz San Juan in den pampinen Sierren arbeitet, hat mir gesagt, daß die Dolomite und dolomitischen Kalke, die bei Sierras Bayas über dem Quarzit liegen, vollständig übereinstimmen mit gewissen Dolomiten und dolomitischen Kalken des Silurs in San Juan.

Nun sind ja östlich von der Cordillere seit dem Devon keine älteren einigermaßen küstenfernen marinen Absätze bekannt; sehr wahrscheinlich ist hier seit langem wie in allen Gebieten östlich von der Cordillere und in großen Teilen der Cordillere selbst Festland gewesen. Aber auch die Dislokationen besitzen sehr wahrscheinlich hohes Alter und seitdem sind nur geringe Störungen eingetreten.

Kreide und Tertiär bedecken den größten Teil des argentinischen Gebietes. Man kennt das Wirbeltiere führende Tertiär von Tarija in Bolivien, die roten Bildungen der Formación petrolifera auf großen Strecken in den Provinzen Salta und Jujuy, in Paraguay die guaranitische Formation, die bis nach Patagonien hinunter vorhanden ist. Diese Bildungen liegen flach in Patagonien, in Entre Rios und in Paraguay; sie treten aber überall hervor, wo die jungtertiären Störungen sie getroffen haben oder die Erosion sie tief angeschnitten hat, aber nie sind sie in der Provinz Buenos Aires oder in deren Umgebung gesehen worden. Daß sie aber auch hier wirklich vorhanden sind, beweist eine Bohrung bei Rancul in der Pampa Central (an der Grenze gegen Buenos Aires), wo, wie Roth sich überzeugt hat, in 200 *m* unter dem Pampa-Löß Dinosauriersandstein erbohrt worden ist. Roth bemerkt sehr richtig, daß diese Bildungen auch in den Sierren der Provinz Buenos Aires zum Vorschein kommen müßten, wäre die Faltung dort nicht sehr alt.

In diesen Sierren haben wir also ein interessantes Gebiet vor uns; ein altes Faltengebirge, in dem die ursprüngliche Tektonik nicht durch jüngere Störungen verwischt worden ist. Vielleicht ist dies auch das einzige bekannte Gebirge in Südamerika von halbwegs Alpentypus, denn die Cordillere ist ein Komplex von Störungsgebieten, worin zweifellos sehr verschiedene Teile von sehr verschiedenem Alter vorhanden sind.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ich kenne zwar nur einen kleinen Teil der argentinischen Cordillere aus eigener Anschauung, nämlich die Paramillos bei Mendoza und Teile der Provinzen Salta und Jujuy. Was ich hier aber gesehen habe, bringt mich, zusammen mit dem, was mir Schiller und Stappenbeck mitgeteilt haben, zu der Ansicht, daß für große Teile der östlichen Cordillerenzüge von Faltung (der sogenannten Hauptfaltung) nicht die Rede sein kann. Die Untersuchungen Stappenbeck's in der Provinz San Juan lassen immer deutlicher erkennen, daß der Typus der Dislokationen in den pampinen Sierren und auf der östlichen Seite der Cordillere die großen Brüche sind. Überraschend ist die Häufigkeit der langen Grabenbrüche in der Richtung der Cordillere und die Häufigkeit und Größe der Querbrüche und immer deutlicher treten dazwischen die Horste hervor. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich im Süden.

Schiller hat die großen Querstörungen südlich vom Aconcagua gesehen; ich selber kenne sie aus den Paramillos. Die Stadt Mendoza liegt an dem östlichen Rande eines großen Bruchfeldes und die heißen Quellen, die östlich von der Stadt bei den letzten großen Erdbeben entstanden sind, liegen genau auf den Linien der großen Querbrüche, wovon große Teile der alten Gesteine in den Paramillos nach Süden zur Tiefe versinken. Ich glaube, daß man schwerlich ein schulmäßigeres Beispiel für Torsionssprünge finden könnte als bei den Kohlengruben von Salagasta, 30 *km* nördlich von Mendoza, wo die äußersten Kulissen des Paläozoicums nach Süden unter Rhät und jungen Bildungen verschwinden. Auf dieselbe Weise endigen die pampinen Sierren in den Provinzen San Juan und La Rioja und die breiten Züge der archäischen und paläozoischen Gesteine der Provinzen Salta und Jujuy in Tucumán und Catamarca.

Besonders deutlich sieht man in den Provinzen Salta und Jujuy in den östlichen Randketten der Cordilleren, daß die alten Stücke des Gebirges während der letzten großen Bewegungen nicht mehr von Faltung getroffen worden sind. Ich bin im November von einer Reise zurückgekehrt, die mir die Gelegenheit gegeben hat, größere Strecken dieses Cordillerenteiles zu sehen und ein beschränktes Gebiet genauer zu unter-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

suchen. Es ist mir dabei gelungen Fossilien zu finden und mit deren Hilfe die Altersfolge der Sedimente und damit den Bau des Gebirges östlich von dem Kamme der Sierra de Zenta (bei Iruya) zu erkennen. Präkambrische Phyllite und Grauwacken sind hauptsächlich vorhanden; dann sieht man weit verbreitet roten und violetten, wahrscheinlich unterkambrischen Quarzit, dessen Schichtenflächen an vielen Stellen Wellenfurchen zeigen. Darüber folgen verhärtete aber bröckelig zerfallende olivgrüne, braunrote und violette Mergel mit zahlreichen eingeschalteten Sandsteinbänken. In diesen Bänken kommen hornschalige Brachiopoden, Obolus, Lingula sehr häufig vor; einzelne sind ganz erfüllt davon. Im Hangenden dieser Schichtenfolge schalten sich mehr und mehr Tonschiefer ein, dann trifft man auf dunkle, fast schwarze Tonschiefer, die vereinzelte Brachiopoden und zahlreiche Exemplare von Dictyonema enthalten. Zuletzt findet man dunkle Mergelschiefer und Tonschiefer mit zahlreichen Trilobiten und Zweischalern. Dies sind wahrscheinlich Bildungen des unteren Silur. Bis hierher ist die Schichtenfolge der kambrischen Sedimente mehr als 1000 *m* mächtig.

Außer diesen ganz alten Bildungen findet man noch leuchtend rot gefärbte Sandsteine, die zum Teil in Dolomite, zum Teil in Konglomerate übergehen. Brackebusch hat sie auf seiner Reise von Victoria nach Iruya gesehen und auf seiner Karte zur Formación petrolifera gestellt. Ob diese Bestimmung in diesem Falle richtig ist, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich in den Sandsteinen keine Fossilien habe finden können. Wie dem nun aber auch sei, so sieht man jedenfalls in den tiefen Quertälern, in denen ein Teil der Quellflüsse des Rio Bermejo auf der Ostseite der Sierra de Zenta entspringt, daß der rote Sandstein mit den alten Bildungen in Schuppen wiederkehrt. Man sieht auch verschieden zusammengesetzte Schuppen. In der tiefen Furche der Quebrada von Iruya den roten Sandstein mit den kambrischen und silurischen Sedimenten, in den oberen Teilen der Quertäler nahe am Kamme der Sierra de Zenta den unterkambrischen Quarzit mit den präkambrischen Phylliten und Grauwacken. Zwischen dem wasserscheidenden Kamme der Sierra de Zenta und der Quebrada de Iruya fallen in einem ungefähr 8 *km* breiten

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Streifen die nordsüdlich streichenden Sedimente in schuppenartiger Wiederholung nach Westen ein. Im Osten wird dieser Streifen durch einen großen Längsbruch begrenzt. Noch weiter östlich bestehen die Randketten der Cordillere aus den präkambrischen Phylliten und Grauwacken; westlich von dem Kamme der Sierra de Zenta trifft man auf die langgestreckten ruhigen Gewölbe und Mulden der alte Gesteine in der Umgebung der Quebrada de Humahuaca. In dem Streifen der Schuppen bei Iruya sieht man zahlreiche große und kleine Querstörungen; einige davon erreichen ganz beträchtliche Größe. Ich habe solche gesehen (bei der Mine Chacabuco), die in der ganzen Breite der Zone sichtbar sind und an denen die horizontale Verschiebung der Sedimente 600 bis 800 *m* beträgt.

Nördlich von Humahuaca ist das Gebirge stark abgetragen worden. Bei Humahuaca und westlich von Negra Muerta sieht man die roten, Dinosaurier führenden Sandsteine der Kreide in 4000 *m* Höhe sich über die alten Sedimente ausbreiten. Bei Negra Muerta ist die Landschaft in dem abgetragenen Gebirge überaus einförmig und traurig. In einer halben Tagreise erreicht man von Negra Muerta aus den Übergang über den wasserscheidenden Kamm der Sierra de Zenta in die Quebrada von Iruya. Bis dahin sieht man, daß die abgetragenen alten Felsarten entweder unter einer mächtigen Decke junger Bildungen verschwinden oder in ihrem eigenen Schutt ersticken. Auf der Höhe des Überganges ändert sich aber das Bild vollständig. Man sieht im Osten in dem Bereich der Quellflüsse des Rio Bermejo ein wildes Gebirgsland. Die Zusammensetzung des Gebirges ist dieselbe wie im Westen und auch der Betrag der Abtragung in seinen höheren Teilen; der Bau ist aber komplizierter und die Erosion hat in den engen Quertälern tiefe Furchen geschaffen. In diesen Furchen nun sieht man eine Schichtenfolge von jungen Bildungen, wie sie in gleicher Mächtigkeit, soweit ich unterrichtet bin, von keinem Punkte der Erde bekannt ist.

Diese Bildungen sind durchwegs fluviatilen Ursprungs. Brackebusch meint zwar, er könne sich ihre Ablagerung nicht ohne die Mitwirkung des Eises vorstellen, aber erstens sind diese Bildungen überall sehr deutlich geschichtet, enthalten

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

stark gerundete Gerölle sehr widerstandsfähiger Gesteine von Quarzit und verkieselter Grauwacke und dann trifft man in diesem Teile der Cordillere selbst in Höhen über 4000 *m* nicht eine Spur von echten Glazialbildungen. Die jungen Bildungen sind kontinentale Auffüllungen, entstanden am Ende des Pliozän und während des Quartärs. Sie entsprechen in ihren älteren Teilen den Jujuy-Schichten Steinmann's, die z. B. in der benachbarten Quebrada de Humahuaca als bunt oder grauweiß gefärbte, stark tonige oder mergelige mürbe Sandsteine in geschlossenen Becken abgesetzt worden sind, nach oben aber mehr und mehr in lockere Bildungen von konglomeratartiger Beschaffenheit übergehen. Wo stets fließendes Wasser vorhanden war, wie in dem Bereich der Quelltäler des Rio Bermejo, sieht man nur grobklastische Bildungen, in den zeitweilig geschlossenen Becken der großen, weiten Längstäler bunte, mürbe Sandsteine an der Basis derselben Bildungen. Hierin zeigt sich eine überraschende Übereinstimmung mit zentralasiatischen Verhältnissen. Die bunten Bildungen stimmen vollständig überein mit denen des Issykkul, der Becken des Tekes und des Kegen, die grobklastischen Bildungen mit den »gravels« Stoliczka's im Tojuntal und an so viel anderen Orten des Tian-Schan.

An anderen Stellen der Cordillere, z. B. an den Rändern der pampinen Sierren oder an dem östlichen Fuße der Paramillos bei Mendoza, findet man dieselben grobklastischen Bildungen, wenn auch bei weitem nicht in so großer Mächtigkeit wie auf der östlichen Seite der Sierra de Zenta. Dagegen sind sie zum Teil stark disloziert worden und sie verraten dadurch, daß noch sehr späte Bewegungen stattgefunden haben. Eine meiner Aufnahmen zeigt diese Bildungen, die, nördlich von Mendoza, sich mit steilem westlichen Einfallen über weißgraue rhätische Mergel legen.

Die jungen Bildungen in dem Gebiet der Quellflüsse des Rio Bermejo liegen aber ungestört. Die Tatsache, daß in diesem Teile der Cordillere die jungen Bildungen auf einer beträchtlichen Fläche des Gebirges die nach Osten gegen den Chaco geöffneten alten Furchen der Quertäler ausgefüllt und einen großen Teil der alten Oberfläche des Gebirges verhüllt

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

haben, daß dann die Erosion den alten Linien mit geringen Abweichungen wiederum gefolgt ist, läßt darauf schließen, daß hier sehr späte Bewegungen der Masse des Gebirges in vertikaler Richtung vor sich gegangen sind. Es liegt mir ferne, bei meinen noch geringen Kenntnissen dieser Verhältnisse bestimmte Schlüsse zu ziehen; aber es erscheint mir fast als notwendig, eine Bewegung der Masse des Gebirges gegenüber den Niederungen anzunehmen, und zwar nicht nur aufwärts, sondern auch abwärts. Es ist nach meiner Ansicht überaus schwierig sich vorzustellen, daß im Angesicht der Niederung des Chaco eine so gleichmäßige und mächtige Auffüllung der alten unversehrten Talfurchen durch horizontal gelagerte Schuttmassen sollte möglich sein ohne eine allmähliche Senkung der Unterlage.

II.

Lager bei Challao, Provinz Mendoza, 4. März 1907.

Die Beobachtungen, die ich in den letzten zwei Monaten habe machen können, zeigen, daß in den östlichen Randgebieten der Cordillere der Provinz Mendoza die Bewegung aus Westen gekommen ist. Dies gilt, wie die Beobachtungen Dr. Stappenbeck's immer deutlicher zeigen, auch für San Juan. Was aber die Virgation betrifft, so muß ich mich auf das beschränken, was ich in meinem Briefe im Dezember gesagt habe, denn mir fehlt die Anschauung zu sehr.

Was ich nun vor allem noch einmal berühren möchte, sind zwei Dinge: Die Bewegungen aus Westen und die jungen kontinentalen Bildungen. Vorher möchte ich aber noch das Folgende bemerken. Ich bin heute der Meinung, daß die lebhaft rot gefärbten Sandsteine, die bei Iruya die Schuppen so außerordentlich deutlich hervortreten lassen, zu Brackebusch' »Formación petrolifera« gehören, also cretaceisch sind. Meine Auffassung der stratigraphischen Verhältnisse steht aber, wie ich weiß, im Widerspruch mit den Ergebnissen, die Herr Prof. Steinmann während seiner letzten Reise erhalten hat. Meine Ansicht, daß Cambrium in großer

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Mächtigkeit vorhanden ist, stützt sich vor allem auf das häufige Vorkommen von Obolus, ganz abgesehen davon, daß das Untersilur in der Auffassung Steinmann's in sehr verschiedener Ausbildung in derselben Schichtenfolge allein und in ganz enormer Mächtigkeit vorhanden wäre, wollte man auch die violetten Röhrenquarzite an der Basis der Obolus führenden Sandsteine hinzufügen. Da ich aber nicht weiß, ob Herr Prof. Steinmann normale Profile gesehen hat, ich aber in einer Schuppenregion gearbeitet habe, so kann ich natürlich meine Meinung über die stratigraphischen Verhältnisse der alten Bildungen heute noch nicht mit der wünschenswerten Sicherheit begründen. Mit diesem, durch die Verhältnisse gegebenen Vorbehalte bleibe ich also bei meiner Auffassung. Dies ist aber eine Frage von untergeordneter Bedeutung, solange es sich hauptsächlich um die Bewegungen handelt. Die Schuppen sind aber, das wiederhole ich mit aller Bestimmtheit, ebenso wie die großen und zahlreichen kleinen Querbrüche, sehr deutlich sichtbar.

Nun komme ich zu den Verhältnissen in Mendoza. Ich habe im Jänner das Gebiet der Torsionsprünge nördlich von Mendoza am Cerro Negro genau untersucht und zum großen Teil in dem Maßstab 1 : 5000 kartiert, um den Zusammenhang möglichst sicher zu erhalten. Im Februar habe ich die Sierra de Uspallata nach verschiedenen Richtungen durchstreift und namentlich ihren westlichen Abfall gegen den großen Graben von Uspallata kennen gelernt. Was ich gesehen habe, zeigt, daß die Verhältnisse am Cerro Negro ein sehr deutliches Beispiel in kleinen Verhältnissen zu den viel größeren der Sierra de Uspallata liefern. Die Art der Bewegung tritt besonders deutlich in dem Gebiete der Gänge des Paramillo und in der nördlichen und westlichen Umrandung des Bruchfeldes von Mendoza hervor.

Der hauptsächliche Typus der Dislokationen ist die Querverschiebung. Dadurch aber, daß zu der vertikalen Bewegung die horizontale aus Westen kommende getreten ist, ist die Torsion entstanden. Man kann nicht sagen, daß eigentliche Längsbrüche vorhanden sind, sondern zwischen den großen und kleinen Querverschiebungen liegen in unregelmäßiger

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Anordnung Verschiebungen, die die paläozoischen, rhätischen und jüngeren Bildungen spitzwinkelig zum Streichen abschneiden. So ist ein komplizierter Bau entstanden. Die orographischen Grenzen der Sierra de Uspallata liegen nicht im Streichen. Die Richtung des Gebirgsrandes ist z. B. auf der Ostseite Nordsüd, das Streichen der Sedimente im allgemeinen 20 bis 30° Nordnordost. Wo die Torsion gut sichtbar ist, sieht man die bogenartige Krümmung der im Westen zurückbleibenden Schichten. Das tritt besonders an den freien Enden der Kulissen hervor. Hier ist die horizontale Bewegung so stark gewesen, daß längs der Krümmung die Überkippung oder Überschiebung eingetreten ist, so daß silurischer Kalk und paläozoische Grauwacken über pflanzenführenden rhätischen Mergeln liegen.

Nun ist die Frage nach dem Alter dieser Bewegungen zu beantworten. Hier komme ich zu den jungen fluviatilen Bildungen. Überall, wo ich bis heute die Cordillere betreten habe, habe ich die Spuren zweier verschiedener Phasen der Bewegung gefunden. Ich sehe dabei aber ab von alten Bewegungen, wie sie in den Sierren der Provinz Buenos Aires sichtbar sind, deren Spuren aber auch in den pampinen Sierren und in den alten Stücken der Cordillere sichtbar sein mögen.

Den Bewegungen, die die alten Bildungen und die roten Sandsteine bei Iruya zu Schuppen zusammengepreßt haben, sind spätere Bewegungen gefolgt. Die Gänge von Hornblendeandesit und die Kupferglanzgänge, die den großen Querverschiebungen bei Iruya folgen, sind durch diese Bewegungen zerschnitten worden. Diese Bewegungen haben aber nicht mehr die horizontal gelagerten Auffüllungen getroffen, wenn man auch bei Negra Muerta in diesen Bildungen in den Einschnitten der Eisenbahn kleine Verschiebungen beobachtet.

Ich würde aber nicht mit Bestimmtheit von zwei Phasen der Bewegung sprechen, obgleich ich auch hier genügend Beobachtungen habe, wären die Verhältnisse in Mendoza nicht noch klarer.

Hier beobachtet man wie im Norden, daß in den östlichen Randgebieten der Cordilleren seit dem Devon nur limnische und kontinentale Bildungen entstanden sind, wenn man absieht

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

von den zum Teile marinen Bildungen der »Formación petrolifera«, die, wie es scheint, nach Süden bis Catamarca reichen. Die letzten, zweifellos marinen Bildungen in San Juan sind devonischen Alters. Sie enthalten in der Schichtenfolge, woraus die von Bodenbender gesammelten Fossilien stammen, auch Graptolithen, was Dr. Stappenbeck vor kurzem hat feststellen können. Darüber trifft man weit verbreitet Sedimente verschiedenen Alters mit vorwiegend rötlicher Färbung. Es sind die pflanzenführenden Sedimente des Culm, die permokarbonischen und triadischen Sandsteine Bodenbender's, dann die rhätischen Pflanzen und Estherien führenden Arkosen und Mergel, dann sehr lebhaft rot gefärbte Sandsteine von wahrscheinlich jungmesozoischem Alter. Darüber folgt eine mächtige Schichtenfolge von mürben, meist graubraun oder rötlichbraun gefärbten Sandsteinen und Arkosen, deren Material hauptsächlich aus Andesiten und deren Tuffen stammt. Bodenbender, der diesen Sandsteinen tertiäres Alter zuschreibt, trifft mit dieser Vermutung sehr wahrscheinlich das Richtige.

Die jüngsten Ablagerungen sind fluviatile, zum größten Teile grobklastische Bildungen, die dieselbe Beschaffenheit haben wie die Jujuy-Schichten Steinmann's.

Dies sind die äußersten Umrisse einer langen Geschichte kontinentaler Verhältnisse. Es ist nicht zu leugnen, daß die bisherigen Ergebnisse eine nochmalige genaue Prüfung verlangen und daß eine eingehende Untersuchung und Vergleichung der verschiedenen Gebiete zu gesicherten, aber auch etwas geänderten Ergebnissen führen würden; denn wir kennen gar nicht die Größe der Lücken, die den Zeiten der Abtragung entsprechen.

Bei den jungen fluviatilen Bildungen, den Jujuy-Schichten Steinmann's oder tertiär-pampeanen Schichten Bodenbender's muß man zwei Facies unterscheiden. Man trifft sie in Salta und Jujuy und, wie die Untersuchungen Stappenbeck's zeigen, auch an den Rändern der Präcordilleren und pampinen Sierren in San Juan.

Die eine Facies besteht aus hell gefärbten, grauweißen, gelblichen und rötlichen Mergeln und mürben Sandsteinen, die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nach oben in grobklastische Bildungen übergehen; die andere besteht nur aus diesen.

Wo das transportierende Wasser die Niederungen erreicht hat oder in den weiten Talbecken der schwach fallenden Längstäler zur Ruhe gekommen war, sind die bunten Sedimente abgelagert worden. Wo aber immer nur stark strömendes Wasser vorhanden war, sieht man die grobklastischen Bildungen. Deshalb findet man diese an den Stellen der alten Abdachungen und in den jungen, stark fallenden Quertälern, die gegen die weiten Niederungen der Pampa oder des Chaco geöffnet sind.

Die untere Altersgrenze dieser Bildungen zu bestimmen, wird solange kaum möglich sein, als Fossilien fehlen werden. Doch geben deren Beschaffenheit und die Verknüpfung mit den jüngsten fluviatilen Bildungen einige Anhaltspunkte für die Ermittlung des ungefähr zutreffenden Alters.

Die Tatsache, daß diese Bildungen bis in ihre jüngsten Glieder auf großen Strecken des Cordillerenrandes disloziert worden sind, an anderen Stellen dagegen, wie in dem Quellgebiete des Rio Bermejo, horizontal liegen, zeigt die Kompliziertheit der Verhältnisse.

Dies ist der wichtigste Punkt, worauf ich einzugehen habe. Über die Herkunft dieser Bildungen mögen Zweifel bestehen. Frühere Beobachter haben sie zum Teile für glazial erklärt, z. B. Bodenbender bei Mendoza, und auch Steinmann ist geneigt, sie in Salta und Jujuy als fluvioglaziale Bildungen zu deuten.

Ich zweifle aber, daß diese Ansicht allgemeine Gültigkeit haben kann und daß sie für die jungen Bildungen an dem östlichen Rande der Sierra de Uspallata nicht zutrifft, läßt sich mit Sicherheit beweisen.

Die Beschaffenheit der Bildungen selbst verrät den glazialen Ursprung nicht.

Es besteht nun zwischen den grobklastischen Jujuy-Schichten in Salta und Jujuy, den tertiär-pampeanen Schichten in San Juan und Rioja und den Schuttmassen am Fuße des Gebirges, die durch Vereinigung riesiger Schuttkegel entstehen, weder ein Unterschied in der Zusammensetzung des lockeren

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Bindemittels noch in der Härte. Man kann nur sagen, daß ein quantitativer Unterschied vorhanden ist.

Ich habe es zu meiner Aufgabe gemacht, die Ausdehnung der alten Vergletscherung in dem auf meiner jetzigen Reise besuchten Gebiete aus den Formen nachzuweisen. Das Material, das ich heute habe, reicht aus, zu zeigen, daß die Spuren der ehemaligen Vergletscherung in der östlichen Randkette der Hauptcordillere zwischen dem Rio Mendoza und dem Rio de los Patos in der Höhenzone zwischen 4000 und 5000 *m* liegen, und zwar in der Gestalt von schneefreien Karen und von Taltrögen im Sinne Richter's mit deutlich ausgeprägter Schulter. Die heutige Vergletscherung beginnt aber erst über 5000 *m* Höhe.

Man findet aber keine Spur einer Vergletscherung auf der Höhe der Sierra de Uspallata, die von der östlichen Randkette der Hauptcordillere durch den Graben von Uspallata getrennt wird. Man sieht weder ein Kar noch einen Taltrog, sondern man findet in der Höhe von ungefähr 3000 *m* einen flach gewölbten, von niedrigen gerundeten Höhen überragten Rücken. Nichts deutet darauf, daß alte Moränen vorhanden sind, weder die entsprechenden Formen noch Seen, für deren Vorkommen die topographischen Verhältnisse sonst günstig wären; vielmehr zeigt der Name »Pampa seca« die große Trockenheit der weiten Flächen an, die sich in dieser Höhe ausdehnen. Und doch fehlt es im Sommer nicht an reichlichen Niederschlägen und im Winter liegt die Pampa unter Schnee. Nur wo die Erosion von den tief gelegenen Niederungen des südöstlichen und östlichen Randes her eingreift, findet man eine reichere Gliederung, die aber die Wirkung des fließenden Wassers und den Mangel der Abspülung erkennen läßt.

Die jüngeren grobklastischen Bildungen auf der östlichen Seite der Sierra de Uspallata stammen nicht von deren westlicher Seite, nicht aus dem Gebiete, das den ehemalig und heute vergletscherten Teilen des Gebirges nahe liegt. Das ergibt sich aus den jetzigen Verhältnissen mit absoluter Sicherheit.

Wollte man aber sagen, es träfe zu für die älteren, stark dislozierten Bildungen unter wahrscheinlich anders beschaffenen orographischen Verhältnissen und wollte man sie

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

als fluvioglaziale Bildungen betrachten, so käme man zu den folgenden Schlüssen: entweder es hat eine Vergletscherung im Pliozän gegeben, denn Pliozän scheint mir für diese Bildungen die unterste Altersgrenze zu sein oder aber die heute sichtbaren tektonischen Verhältnisse sind zum großen Teil im Quartär oder gar am Ende des Quartärs entstanden.

In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse sehr wahrscheinlich so, daß die jungen Bildungen im Pliozän beginnen, fast ausschließlich fluviatil sind, aber in der Nähe der alten und heutigen Vergletscherung in gewissen Teilen des Gebirges auch fluvioglaziales Material enthalten. Dies ist aber ausgeschlossen für die hier besprochenen Gebiete: für den östlichen Rand der Sierra de Uspallata und das Gebiet der Quellflüsse des Rio Bermejo.

Der Vorgang der Bildung wird früher so gewesen sein, wie wir ihn heute bei der Aufschüttung der schiefen Ebenen am Fuße des Gebirges und der großen Schuttkegel in den Längstälern beobachten können. Die Masse des transportierten Materiales ist groß, aber der zurückgelegte Weg ist kurz. Es ist das starkströmende Wasser der periodischen heftigen Regen in den Trockengebieten, das diese Massen anhäuft. Wie groß die zerstörende Gewalt dieser Regen ist und wie groß die Menge des transportierten Materiales ist, habe ich selbst zweimal während starker aber kurzer Gewitter bei Iruya beobachten können.

Wo vorher in den kleinen engen Nebentälern kein Tropfen Wasser rinnt, wälzt sich nach einem Gewitter eine oder zwei Stunden lang ein brausender schmutziger Strom, die gefürchtete »cresciente«. Wo aber das Wasser die Sohle der größeren Längs- und Quertäler erreicht, aus seinem engen Bette heraustritt und sich ausbreitet, hinterläßt es große Massen des sogenannten »barro«, eines beweglichen, breiartigen Gemenges von feinem Detritus und Geröllen. Die Überschreitung dieser Massen, die oft die ganze Breite des Tales einnehmen, ist kurz nach ihrer Aufschüttung oft ebenso gefährlich oder unmöglich wie die Überschreitung eines Moores. Es ist nicht selten, daß in den nördlichsten Provinzen in der Randzone der Cordillere größere Täler oder auch

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

größere Gebiete während der Regenzeit tage- zuweilen auch wochenlang dadurch vom Verkehr abgeschnitten werden.

Der »barro« läßt sich aber weder mit den Schlammassen der Muren noch mit den Schuttmassen der Wildbäche vergleichen. Er enthält viel feines Material und zeigt kaum irgend welche Aufbereitung. Er setzt in den oben erwähnten Gebieten wohl einen großen Teil der Aufschüttungen in den Tälern zusammen. Die Schuttabdachungen an den Rändern des Gebirges enthalten mehr Gerölle; hier geht die Aufbereitung weiter und die feinen Bestandteile werden in die Tiefe der Niederungen geführt.

Es ist klar, daß periodisch strömendes Wasser, wenn es den größten Teil des transportierten Materials schon nach kurzem Wege fallen läßt, später, wenn die Aufschüttungen angewachsen sind, diese erst recht nicht mehr bewältigen kann. Dazu kommt, daß auch in den breiteren Tälern das Wasser hauptsächlich linear wirkt. Es ist so mit Material beladen, daß eine geringe Verminderung des Gefälles oder eine geringe Weitung seines Bettes schon genügt, einen großen Teil davon niederzuschlagen.

Der »barro« läßt sich, was seine Beschaffenheit betrifft, am besten mit den Schlammoränen vergleichen. Einen Unterschied gibt aber die Schichtung.

Das Kennzeichnende seiner Entstehung sind der geringe Transport und die geringe Aufbereitung. Und da seine Aufschüttung nicht durch gelegentliche, durch längere Zeitabschnitte getrennte Regengüsse, sondern in der warmen Jahreszeit mit großer Regelmäßigkeit erfolgt, so ist seine große Mächtigkeit verständlich. Sie ist eine Folge derselben, lange Zeit dauernden klimatischen Verhältnisse.

Was mir aber außerhalb dieser Verhältnisse zu liegen scheint, ist der Wechsel zwischen der lange Zeit dauernden Aufschüttung sehr tiefer Talfurchen und der abermaligen Einschneidung derselben Täler in die Aufschüttungen. Die komplizierten Verhältnisse der Aufschüttung so mächtiger Massen in engen Tälern sind wohl noch unbekannt; aber, obgleich die klimatischen Verhältnisse kaum wesentlich verändert worden sind und die Aufschüttung nie ausgesetzt hat, so ist

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

doch die große Veränderung der Gefällsverhältnisse unzweifelhaft durch die zweite Austiefung.

Ich glaube, daß hier vertikale Bewegungen vor sich gegangen sind. Ich lasse mich bei dieser Überlegung nicht durch die physiographische Betrachtung allein leiten, sondern hauptsächlich durch die lehrreichen Verhältnisse in San Juan und Mendoza.

Die physiographische Methode muß diesen Fall zu isoliert behandeln, aber die genauere Verfolgung der jüngsten tektonischen Vorgänge in anderen Teilen der Cordillere führt, glaube ich, zu der Erklärung.

Die zum größten Teil rein fluviatile Entstehung der jungen Bildungen ist also kaum zweifelhaft. Es fehlt damit aber auch der einzig sichere Anhaltspunkt zur Bestimmung des Alters eines Teiles dieser Bildungen durch die Verknüpfung mit den Gebieten alter glazialer Erosion, und auf der anderen Seite wird die Vergleichung durch den Umstand sehr erschwert, daß sich derselbe Vorgang der Bildung, dessen quantitative Verhältnisse aber im einzelnen Falle nur sehr schwer zu schätzen sind, seit langem und in weit voneinander entfernten Gebieten wiederholt hat. Es erfordert also jede Folgerung, die voraussetzt, daß das Alter dieser Bildungen bekannt sei, die größte Vorsicht.

Dieser Schwierigkeit entgehen wir zum größten Teil durch die Betrachtung der Verhältnisse in Mendoza.

Die Dislokationen in dem Torsionsgebiet im Norden von Mendoza haben noch die jungen Schuttabdachungen getroffen.

Ich kann die Verhältnisse nicht ausführlich beschreiben, will aber einige der hauptsächlichsten Züge hier anführen.

Einer der großen Brüche in diesem Gebiete ist nördlich vom Cerro Negro bekannt und verläuft von hier in südlicher Richtung bis in das Bruchfeld von Mendoza. Er ist im Norden auf einer ungefähr 12 *km* langen Strecke sichtbar, verliert sich dann unter den ganz jungen Aufschüttungen, tritt an dem östlichen Fuße der Sierra de Uspallata noch einmal hervor, verschwindet wieder unter Aufschüttungen und erreicht das Bruchfeld von Mendoza bei Challao. Seine äußersten bekannten Punkte liegen ungefähr 35 *km* auseinander und seine

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Richtung verläuft spitzwinkelig zu der allgemeinen Streichrichtung der Sedimente in der Sierra de Uspallata. Seine Länge ist also beträchtlich, aber es ist doch nur ein Beispiel in kleineren Verhältnissen zu den sehr langen echten Längsbrüchen, die Dr. Stappenbeck in den Präcordilleren von San Juan verfolgt hat, die aber auch zum Teil durch Bodenbender bekannt sind. Es gehört zu dem System sehr großer Brüche, die weit von Norden, aus San Juan herausstreichend, nach Süden konvergieren und ein wenig südlich vom Rio de Mendoza das Paläozoikum begrenzen. (Der Verlauf des Bruches ist auf der Karte von Avé-Lallement, Mapa del departamento de Las Heras, Anales d. Mus. d. l. Plata 1892, durch die folgenden Punkte bezeichnet: der Cerro Negro, östlich von Villavicencio, ist durch die Cote 1740 ein wenig östlich von dem Worte Cabra festgelegt; von hier verläuft der Bruch in südlicher Richtung über die Cerillos zum Cerro de Col und von dort über die Punta Laja zu den Häusern von Challao. Deutlich sieht man auch auf dieser Karte den rechten, nach Nordwesten einspringenden Winkel des Bruchfeldes von Mendoza.)

Östlich vom Cerro Negro liegt an der Bruchlinie silurischer Kalk, steil nach Westen einfallend, über den mürben, wahrscheinlich tertiären Sandsteinen aus andesitischem Material. Dies ist der Fall zwischen 1200 und 1300 *m*. Etwas weiter südlich ist der Kalk über die Kohle führenden rhätischen Mergel geneigt. Dann werden zwischen 900 und 1000 *m* Höhe paläozoische, wahrscheinlich devonische Grauwacken und Tonschiefer, dieselben, die in sehr großer Verbreitung in der Sierra de Uspallata vorkommen, durch die Bruchlinie von den rhätischen Mergeln getrennt. Ungefähr 5 *km* südlich von dem Gipfel des Cerro Negro verschwinden die paläozoischen Bildungen auf der westlichen Seite des Bruches und an ihre Stelle treten die jungen fluviatilen Bildungen. Kurz ehe dies geschieht, sieht man eine Scholle dieser Bildungen zwischen Grauwacke und rhätischen Sandsteinen an Querverschiebungen eingesenkt. Zwischen den fluviatilen Bildungen und den Pflanzen und Estherien führenden rhätischen Mergeln kann man den Bruch mehr als 6 *km* weit nach Süden, über die Cerillos hinaus, verfolgen. Im Norden ist der Bruch in 80 *m*

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Tiefe in einem Querschlag angefahren und auf seiner westlichen Seite hat man hier die fluviatilen Bildungen gefunden. Nördlich von den Cerillos kennt man sie neben dem Bruche in einem Bohrloch in 35 *m* Tiefe, noch etwas weiter südlich ist der Bruch zwischen rhätischen und fluviatilen Bildungen 30 bis 40 *m* hoch auf der Nordseite der Cerillos aufgeschlossen. Dies ist ungefähr bei 800 *m* Höhe der Fall.

Der Bruch ist also in der südlichen Hälfte der eben beschriebenen Strecke bis zu einer Tiefe von ungefähr 100 *m* bekannt und auf der westlichen Seite von den fluviatilen Bildungen begrenzt. Diese fallen, etwas vom Bruch entfernt, 20 bis 30° nach Westen ein, stehen aber dicht an der Bruchlinie sehr steil oder senkrecht. Ganz ausgezeichnet sieht man dies in den Einschnitten der Trockenbette und der Cerillos.

Der Verlauf des Bruches ist nicht geradlinig, sondern in ziemlich regelmäßigen Abständen lenken ihn Verschiebungen ab, die, untereinander parallel, spitzwinkelig zu seinem Streichen verlaufen. Die Richtung dieser Verschiebungen ist im allgemeinen 20 bis 30° Nordnordost, das Streichen der Sedimente in den getrennten Stücken aber Nordnordwest. Wo eine von den größeren dieser Verschiebungen den nordsüdlich streichenden Bruch trifft, ist das jeweils im Norden liegende Stück nach Osten vorgeschoben worden. Auf diese Weise endigen der silurische Kalk und dann die paläozoischen Grauwacken nach Süden, indem in der Fortsetzung ihres Streichens in dieser Richtung die rhätischen Mergel auftreten. Dies ist ein sehr klares Beispiel, wie das freie Ende einer Kulisse an Torsionssprüngen zu Ende geht. Sehr deutlich tritt die Wirkung der horizontalen, gegen Osten gerichteten Bewegung auch dadurch hervor, daß eine Konglomeratbank in dem Hangenden der rhätischen Mergel, unter bogenartiger Krümmung im Anfang, auf den Flächen der nach Nordnordost streichenden Verschiebungen zwischen fremden Gesteinen in einer Flucht getrennter Stücke eingeklemmt, also bei der Bewegung mitgeschleift worden ist.

Es kann deshalb kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß die horizontale Bewegung aus Westen gekommen ist. Die Ausdehnung der Brüche in Nordsüdrichtung und die Ver-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

hältnisse auf der westlichen Seite des in dieser Richtung streichenden Bruches zwischen dem Cerro Negro und den Cerillos, wo bei 1300 *m* silurischer Kalk, bei 1000 *m* paläozoische Grauwacken, bei 800 *m* Höhe aber fluviatile Bildungen anstehen, zeigen aber auch das große Ausmaß der vertikalen Bewegung, das aber noch deutlicher in der Umgebung der großen Gräben im Norden und Westen hervortritt.

Ich habe nur ein kleines Stück des Gebietes am Cerro Negro hier ganz kurz beschrieben. Die Verschiebungen sind aber nur ein Teil sehr ausgedehnter Dislokationen und wenn die fluviatilen Bildungen in so großem Maße noch davon getroffen worden sind, so liegt der Schluß sehr nahe, daß die Bewegungen, die diese Dislokationen hervorgerufen haben, nach der Ablagerung der jungen fluviatilen Bildungen eingetreten sind. Ich muß dies deshalb ausdrücklich hervorheben, weil in der Tat noch spätere Bewegungen erfolgt sind. Die fluviatilen Bildungen in den Cerillos und weiter nördlich auf der westlichen Seite des beschriebenen Bruches sind Stücke einer alten Abdachung, die von Westen nach Osten geneigt war. Das beweisen allein die großen Blöcke von altem Granit und Porphyr, die man anstehend nur in den Grauwacken auf der östlichen Abdachung und auf der Höhe der Sierra de Uspallata findet. Von den Erhebungen, die durch die Bewegungen an dem südlichen Ende der Kulisse des Cerro Negro entstanden sind, haben sich aufs Neue schiefe Ebenen nach allen Seiten ausgebreitet. Sie sind von Trockenbetten durchfurcht und in den dadurch geschaffenen Aufschlüssen sieht man an verschiedenen Stellen, an Verschiebungen, daß die Bewegungen aufs Neue eingesetzt oder vielleicht auch nie aufgehört haben. Denn die Erdbeben von Mendoza gehen so unverkennbar von den Linien der Dislokationen des Bruchfeldes aus, daß die Vermutung nahe liegt, diese Linien seien in der weiteren Ausbildung begriffen und es scheint, daß die Bewegungen immer wieder dem alten Plane folgen.

Gegenüber dem langgestreckten Rande der Präcordillere erhebt sich in der Nähe der Stadt San Juan, mitten aus weiten Niederungen die isolierte Masse des Pic de Palo, eine der pampinen Sierren Stelzner's. Sie erscheint als ein einziger,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

flach gewölbter Schild mit steilen Rändern und kann als Typus des Horstes gelten. Die tiefste Stelle der umgebenden Niederung ist durch die Lage der nahen Lagune de Guanacache bezeichnet. Ganz alte Bildungen setzen den Pic de Palo zusammen: Granat führender Glimmerschiefer und die Gesteine der Sierren von Cordoba, also im allgemeinen viel ältere Bildungen, als in der Cordillere sichtbar sind. Denn die huronischen Schiefer, die die Karte Avé-Lallement's auf der westlichen Seite der Sierra de Uspallata in großer Ausdehnung zwischen Uspallata und Santa Helena anführt, sind paläozoische Schiefer und Grauwacken, die mit denselben Bildungen der Sierra an anderen Stellen vollständig übereinstimmen.

Der Horst des Pic de Palo ist zu derselben Zeit entstanden wie das Bruchfeld von Mendoza und die Torsionssprünge am Cerro Negro. Junge fluviatile Bildungen sind in seiner Nähe stark disloziert worden. Die Erosion hat an seinen Rändern bei fast gänzlichem Fehlen der Abspülung tiefe, enge, zum Teil schwer zugängliche Schluchten geschaffen, im ganzen den Block aber wenig angegriffen. Deshalb erkennt man heute noch sehr gut die durch die Bewegungen geschaffenen Verhältnisse.

Nun sind in der Tiefe der Umgebung die ursprünglich vorhandenen Unebenheiten durch die spätere Aufschüttung ausgeglichen worden. Obgleich also der heutige Höhenunterschied zwischen der Umgebung und dem Scheitel des Horstes geringer sein wird als der ursprüngliche, so ist er dennoch so beträchtlich, daß die Frage berechtigt ist, ob denn wirklich die Umgebung gegenüber der Masse des Horstes auf weite Strecken bewegt, also gesenkt worden ist und der Horst so entstanden ist.

Dies erscheint mir im Angesicht der weiten Niederung wenig wahrscheinlich.

In dem Untergrunde der Ebene liegen weiter im Osten horizontal gelagerte Schichten, die älter sind als die gestörten fluviatilen Bildungen in der Nähe des Horstes.

Ich glaube, dieser Fall liegt so klar, daß man die Erklärung geben kann, ohne sie zu suchen.

Die horizontale Komponente der Bewegung, deren Wirkung so deutlich in der Torsion, der bogenartigen Krümmung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Schichten und der Zerstückelung des äußersten Cordillerenrandes sichtbar ist, ist von vornherein schwächer gewesen als die vertikale Komponente.

Das Verhältnis der beiden Richtungen zu einander ist noch nicht ganz klar. Die genauere Untersuchung des hier in Frage kommenden Gebietes, namentlich des Grabens von Uspallata, der tief in die Cordillere eingesenkt erscheint und an seiner tiefsten Stelle, nämlich an seinem südlichen Rande, nur durch das Durchbruchstal des Rio de Mendoza mit der Niederung im Osten verbunden ist, wird vielleicht zu sichereren Ergebnissen führen.

Der östliche Rand der Präcordillere und ihrer Kulissen, der an manchen Stellen ein auf eine unsichtbare Masse aufgeschobener Schollenrand zu sein scheint, bezeichnet ungefähr die östliche Grenze des Gebietes, wo die Wirkung der horizontalen Bewegung unmittelbar sichtbar ist. Weiter im Osten scheint diese aber in dem Gebiet der alten Masse abgenommen zu haben.

In dieser seit langem abgetragenen und der seitlichen Pressung mehr widerstehenden Masse ist sehr wahrscheinlich die alte Oberfläche in Wellen von großer Amplitude aufgestiegen und dabei zerbrochen.

Annähernd ähnliche Verhältnisse könnten wir in den Sierren der Provinz Buenos Aires finden, wären die flachen Gewölbe vor dem Überschiebungsrande bei der aufsteigenden Bewegung der Scheitel zerbrochen. Dann hätten wir heute mitten in der weiten Pampa vor den langgestreckten Sierren die isolierten Horste.

Wäre dies der Fall und wäre die Bewegung in Wirklichkeit nicht so alt, sondern so jung wie in Mendoza, so wäre, glaube ich, auch kein Zweifel an der Richtigkeit dieser Auffassung. Sie mag deshalb auch bei den viel größeren Verhältnissen der Cordilleren für die größeren Maße der pampinen Sierren gelten.

Ich habe im Anfang von zwei Phasen der Bewegung gesprochen. Die Spuren der älteren Phase sind nicht nur im Norden, sondern auch in Mendoza sichtbar. In diese Phase fällt hier die Intrusion der mächtigen, später dislozierten Lager

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

von Andesit, die wir heute auf der Höhe des Paramillo finden, die Aufreißung eines großen Teils der Gänge bei der Mine Paramillo und die Ausfüllung dieser Gänge mit andesitischem Material. Aus diesen Andesiten sind die braunen Arkosen und Sandsteine gebildet worden, die wir heute in dem Bruchfeld von Mendoza, am Cerro Negro und an anderen Stellen in großer Mächtigkeit finden. Die große und gleichmäßige Verbreitung der Andesitgerölle in diesen Sedimenten verrät, daß eine alte nach Osten geneigte Abdachung bestanden hat. Die jungen fluviatilen Bildungen, die durch die späteren Bewegungen so stark disloziert worden sind, legen sich bald über die Sandsteine, bald über die rhätischen Mergel und sie zeigen dadurch, daß vor der zweiten Bewegung eine Abtragung erfolgt ist.

Die Bildung der Schuppen bei Iruya fällt in die Zeit der älteren Phase. Den Querverschiebungen folgen die wieder zerschnittenen Erz- und Andesitgänge. Die mächtigen fluviatilen Bildungen sind aber nicht zerstört worden. Es scheint, daß ihre Ablagerung erst nach den Bewegungen der jüngeren Phase begonnen hat. Daß aber auch in dieser Zeit Bewegungen vor sich gegangen sind, beweisen die Dislokationen der fluviatilen Bildungen in dem Längstal von Humahuaca. In dem weiten Becken bei Humahuaca selber sieht man nur einen langen Querbruch und einige kleinere Störungen, aber weiter südlich sind die fluviatilen, zum größten Teil grobklastischen Bildungen bei Tilcara und bis in die Gegend von Purmamarca beträchtlich nach Westen geneigt.

Auf diesen Gegensatz der Lagerungsverhältnisse der fluviatilen Bildungen auf beiden Seiten der Sierra de Zenta möchte ich aufmerksam machen.

Bei Tilcara und weiter nördlich und südlich sieht man die ruhigen Gewölbe der paläozoischen Sedimente und die roten Sandsteine der »Formación petrolifera«. In diesem Gebiete sind die sehr jungen fluviatilen Bildungen disloziert und heute nach Westen geneigt. Auf der östlichen Seite der Sierra de Zenta liegt das Gebiet der Schuppen. Noch weiter östlich sind in den äußeren hohen Randketten, wie es scheint, ganz alte Felsarten vorhanden. Sobald die Bewegung, von Westen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

kommend, die Zone der Schuppen erreicht hat, hat ihre Wirkung in horizontaler Richtung ausgesetzt. Aber ein Ansteigen der Massen in vertikaler Richtung mag auch hier noch in sehr später Zeit erfolgt sein. So ist vielleicht der Kamm der Sierra de Zenta in demselben Sinne eine Grenze wie der östliche Rand der Präcordillere in San Juan und Mendoza.

Die tiefe Furche des Rio de Mendoza ist wohl zum größten Teile nach den Bewegungen entstanden, durch welche die jungen fluviatilen Bildungen südlich vom Cerro Negro disloziert worden sind. Vielleicht fällt in dieselbe Zeit auch die Austiefung der Quelltäler des Rio Bermejo und ihre Aufschüttung. Die Bewegungen haben aber nicht ausgesetzt. Das zeigen die Dislokationen in den sehr jungen Schuttabdachungen bei Mendoza und die Neigung der fluviatilen Bildungen in dem Längstal von Humahuaca. Sie sind wahrscheinlich dauernd in demselben Sinne vor sich gegangen. Daß eine aufsteigende Bewegung der äußersten Teile des Gebirges erfolgt sein kann, zeigen mit großer Wahrscheinlichkeit die Verhältnisse am Pic de Palo.

Ich bin mir wohl bewußt, daß vieles noch genauer zu untersuchen ist und daß ich das Wort »wahrscheinlich« noch zu oft anwenden muß. Aber einiges ergibt sich, glaube ich, doch mit Sicherheit, nämlich:

1. Die Ablagerung fluviatiler Bildungen von derselben Beschaffenheit seit längerer Zeit bis in die Gegenwart und die Tatsache, daß diese Bildungen, die unter denselben besonderen klimatischen Verhältnissen entstanden sind, nicht mit der alten Vergletscherung in Verbindung gebracht werden können.

2. Die Bewegung aus Westen während zweier Phasen, wovon die Wirkung der ersten in den Schuppen bei Iruya, die der zweiten in der Torsion und den anderen Verhältnissen bei Mendoza besonders deutlich ist und daß diese Bewegungen wahrscheinlich bis heute andauern.

Es gäbe noch vieles zu erwähnen, das mit diesen Fragen mehr oder weniger in Verbindung steht, z. B. das Erscheinen der »Formación petrolifera« in sehr ruhiger Lagerung in so großer Höhe, die ausgedehnte horizontale Lagerung der mesozoischen Sedimente in der östlichen Randkette der Haupt-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

cordillere vom Rio de Mendoza bis gegen den Aconcagua nach Nordwesten und bis gegen den Rio de los Patos nach Norden, das Abbrechen der alten Felsarten des östlichen Cordillerenrandes in den nördlichen Provinzen und der paläozoischen Sedimente der westlich darauf folgenden Zone in Mendoza u. s. w.

Meine Arbeit in diesem Sommer ist die genaue stratigraphische Untersuchung des Rhäts in der Provinz Mendoza. Ihre Ergebnisse werden zuerst veröffentlicht werden. Vom November ab untersuche ich das Gebiet zwischen dem Rio de Mendoza und dem Rio Diamante. Mein eigentliches Arbeitsgebiet wird aber Neuquen sein.